

T 接线光纤差动保护的实用通信方案

李铁仲¹, 胡叶宾², 邓茂军², 黄继东²

(1. 北京市电力公司, 北京 100001; 2. 许继电气技术中心, 河南 许昌 461000)

摘要: 介绍了T接线路下差动保护采用的三端传输系统的应用方案, 主要包含系统构成、冗余同步计算和通道异常时自适应处理逻辑。其中冗余同步计算方案通过两个从端的互校计算能够有效地识别通道收发延时不一致情况, 确保了差动保护不会因为数据不同步而误动。该方案在许继电气股份有限公司研制的WXH-813A/T装置上得到了实现。通过华北电力科学与北京电力公司共同组织的动模实验, 证明该方案具有很好的实用价值。

关键词: T接线路; 三端传输系统; 冗余同步计算; 通道延时不一致

The practicable communication scheme for fiber differential protection of T-connected transmission lines

LI Tie-zhong¹, HU Ye-bin², DENG Mao-jun², HUANG Ji-dong²

(1. Beijing Electric Power Company, Beijing 100001, China;
2. Technology Center, XJ Group Limited Company, Xuchang 461000, China)

Abstract: This paper presents a kind of practicable scheme used in differential protection on three-terminal transmission system. It mainly contains the construction of three terminal data transmission system, redundancy synchronization computation and adaptive processing logic under abnormal channel. By mutual check and computation of the two slave terminals, redundancy synchronization computation scheme can effectively distinguish the inconsistent situation of transfer-recvie delay time, which then prevents differential protection from false operation due to unsynchronized data. The scheme is used on WXH-813A/T protection device developed by XJ Electric Corporation. By means of dynamic simulation system organized by North China Electric Power Research Institute and Beijing Electric Power Company, the results show that this scheme has a meaningful practical value.

Key words: T-connected transmission line; three-terminal transmission system; redundancy synchronization computation; inconsistent delay of channels

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2011)01-0135-04

0 引言

近年来, 随着光纤通信技术的发展, 纵联电流差动保护因为其原理简单、选择性好、灵敏度高和动作速度快等优点在电力系统继电保护实用配置中占有越来越大的份额, 研究基于光纤通道的纵联差动保护在各种工况下的应用具有重要的意义^[1]。

随着电力系统的发展和负荷密度的增长, 常常出现高压重负荷三端或三端以上的多端输电线路。这些线路又常常联系着大电厂和大系统, 要求快速切除线路上的故障。在这些线路上配置基于光纤通道的纵联差动保护可以很好地满足电力系统的要求。本文从实用的角度出发, 提出了T型接线下满足纵联电流差动保护的整套光纤数据传输配置方

案, 包含主从定位、同步调整以及和常规双端系统的自适应切换的内容。

1 数据通信系统的构成

分析三端通信系统的网络拓扑结构^[2], 从提高保护可靠性的角度出发, 采用环形网络结构。如图1。

T接线路每一端配置一台保护装置, 每个保护装置配置两个相互独立的光纤通道。每个通道均包含各自独立的发光设备、传输设备(专用光缆、复用通信设备)和光信号接收设备。光信号的收、发独自占用一个通道。三个保护装置两两互联构成通信系统。在整个传输系统中, 三台保护装置的地位是相同的。

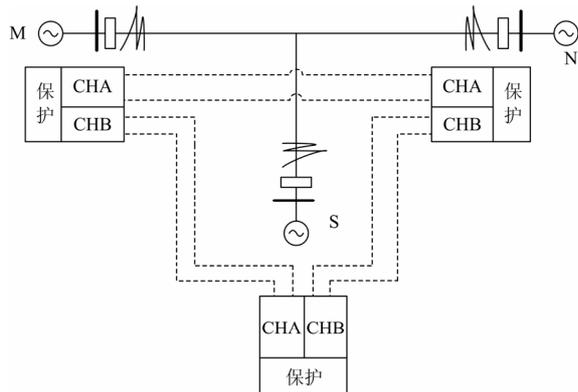


图1 T接线保护数据传输网络配置

Fig.1 Data transmission net configuration of T-connected lines

2 多端同步计算

采样数据同步问题是线路纵联差动保护要解决的重要问题^[1]。目前提出的采样数据同步方案有很多^[3-8]，但是工程实际应用的纵差保护多采用基于乒乓算法的同步计算方案^[9-10]。这种方案下，确定一端作为主端（基准端）而另一端作为从端（同步端）是基础。

在三端系统下，需要确立其中的一端作为主端，另外两端作为从端。正常运行时，每一个从端可以通过其与主端相连的通道，将其与主端视为一个双端传输系统进行同步计算和调整^[7]。这样可以保证本端和主端的采样数据的同步性。因为两个从端都与同一个主端进行同步，在允许的偏差范围内，可以认为三个端口的采样数据同步。当满足数据同步后，进行差动计算就变成了一个相对简单的行为。

当前的双端同步方案的理论基础在于传输通道的收、发延时一致，在实际工程应用中，当保护采用专用光纤通道时基本可以满足上述条件；但是采用复用通道时（保护复用电力光纤通信网络），随着光纤自愈环网技术的逐渐成熟，在保护运行过程中往往会因为通信通道导环操作造成通道收、发延时不一致^[11-12]。一旦出现这种情况，目前得到广泛应用的双端同步方案无法识别进而造成保护误动，故只能强调要求实际通道收、发延时差保证在指定的范围内依靠牺牲差动保护的灵敏度来弥补。下面分析通道延时不一致时对数据同步的影响。

如图2，同步计算实质是通过计算在从端寻找与主端 t_2 时刻相同的时刻点 t_4 ；就从端而言， t_1 和 t_3 作为数据发送和接收时刻是已知的， Δt_2 作为主端接收数据与发送数据间隔可以通过通道传输给从端；明显地：

$$t_4 = t_3 - T_d \tag{1}$$

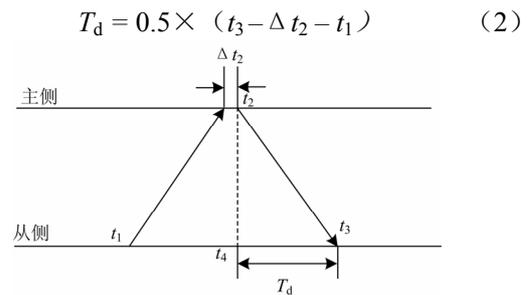


图2 同步计算示意图

Fig.2 Synchronization computing sketch

由式(2)可以看出，计算出的通道延时实质上等于发送延时和接收延时的均值。这样只有收、发延时相同时通道延时 T_d 的计算才正确，可以保证计算出的 t_4 时刻与主端 t_2 时刻同步。

式(1)实际上是从端接收到数据的时刻减去接收延时；若收发延时不一致，就从端看，假定发送延时大，则计算出的 T_d 大于接收延时，这样计算出的 t_4 滞后于主端的 t_2 时刻；这样就造成了两者的同步偏差；偏差的大小为 0.5 倍收、发延时之差。因为这个偏差是由同步计算的基础造成的，所以在不引入其他条件的情况下，没有办法通过计算来矫正。

在三端系统下，有两个从端同时和一个主端进行同步调整。理论上若连接三台装置的光纤通道的收、发延时一致，两个从端的采样时刻偏差可以通过计算得到。假定同步计算后两侧的采样偏差最大为 $\pm 1.8^\circ$ ；则三端系统下两个从端的采样偏差最大为 2 倍的从端与主端的最大采样偏差，即 $\pm 3.6^\circ$ 。

若有其中一个通道收、发延时不一致，则通过以上分析可以确认通过这个通道和主端连接在一起的从端同步后的采样偏差受限于收、发延时差而不是原来的计算误差；此时若针对两个从端进行同步计算，就可以得出两个从端的采样偏差也不再是 $\pm 3.6^\circ$ 。

这样通过追加针对两个从端的冗余同步计算，可以有效地识别出三端系统下任一个通道的收、发延时不一致，可以快速闭锁差动保护以防止误动或误报差流越限。这样大大降低了现场运行时差动保护误报差流越限甚至误动的几率。

3 通道异常时的处理

如上所述的光纤数据传输系统具有一定的冗余性，在特定的光纤故障时，可以保证差动保护继续可靠运行。工程应用时需要考虑自适应处理逻辑。

a. 两个从端之间互联的通道异常。如图3所示。

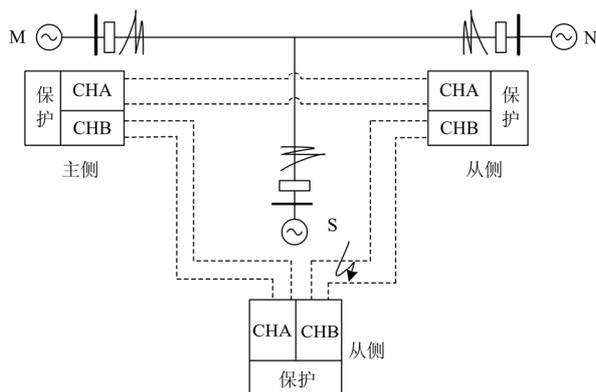


图 3 T 接线保护数据传输网络配置

Fig.3 Data transmission net configuration of T-connected lines

这样两个从端之间无法再进行冗余的同步计算, 无法识别通道收发延时不一致的情况; 但是因为两个从端与主端的连接通道保持完好, 三端的采样同步仍然可以保证。由于从端无法获取另一个从端的模拟量信息, 只有主端才可以进行差动计算。当满足判据后, 需要通过通道通知从端, 从端接收到该信息后经过简单的基于单端量的就地判据可以直接跳闸出口。

b. 主端与从端之间互联的通道异常。鉴于主端需要与两个从端保证通信畅通以便进行同步计算和调整, 需要进行自适应的切换: 将与有故障的光纤通道连接的两个保护装置设为从端, 另一个设为主端。之后的处理相同, 仍然需要增加差动直跳逻辑同 a。

c. 多个通道发生故障。此时肯定有一台装置与其他两台装置均不能进行数据交换。无法完成差动保护, 应在发告警的同时闭锁差动保护。

4 实验结果

上述方案在许继研发的 WXH-813A/T 保护装置中得到了应用。该装置在 2009 年 4 月由北京供电局组织的实验中获得了好评。

实验模型参考北京一条 T 接线路实际系统设置, L 侧为电源侧, M 侧、N 侧为负荷侧, 通道连接方式为 L-M 为 2M 复用 SDH, M-N 专用方式, L-N 专用方式。如图 4 所示。

在测试复用 SDH 通道收发延时不一致时, 考察收发延时相差 $200 \mu\text{s} \sim 10 \text{ms}$, WXH-813A/T 在延时差 $300 \mu\text{s}$ 以上时, 可靠闭锁差动保护。

考核任一通道中断情况下保护的动作为时, 该装置均能可靠动作, 动作时间小于 30ms 。显示出该方案的优越性。

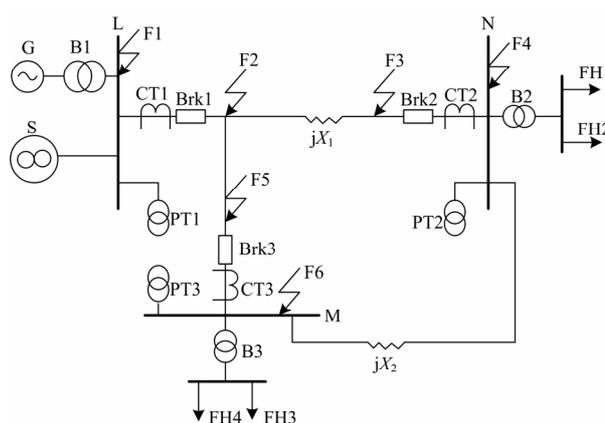


图 4 T 接线实验模型

Fig.4 Test model of T connected lines

5 结论

本文主要描述 T 型接线下纵联差动保护所使用的光纤传输通道的实际工程应用方案, 主要包含主从定位、同步计算、通道异常处理及与双端系统的切换等方面。其中同步冗余计算解决了对通道收发延时不一致的监测问题, 具有重要的意义。

经过实验表明, 该方案是针对三端传输系统的最佳方案。

参考文献

- [1] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.
ZHU Sheng-shi. The protection technique of high voltage network protection[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2005.
- [2] 郭征, 贺家李. 三端线路光纤保护的研究[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(10): 57-59.
GUO Zheng, HE Jia-li. Research of relay protection of three-terminal power transmission lines using optical fiber channel[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(10): 57-59.
- [3] 廖泽友, 鲍伟廉, 杨奇迹, 等. 数字式高压线路电流纵差保护的通信技术[J]. 电力系统自动化, 1999, 23(15): 25-27.
LIAO Ze-you, BAO Wei-lian, YANG Qi-xun, et al. Communication technology of digital current differential protection for high voltage transmission line[J]. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23(15): 25-27.
- [4] 高厚磊, 江世芳, 贺家李. 数字电流差动保护中几种采样同步方法[J]. 电力系统自动化, 1996, 20(9): 46-49.
GAO Hou-lei, JIANG Shi-fang, HE Jia-li. Sampling synchronization methods in digital current differential

protection[J]. Automation of Eleetric Power Systems, 1996, 20 (9): 46-49.

[5] 张悛宁, 索南加乐, 焦在滨. 光纤自愈环网电流纵差保护的数据同步方法[J]. 电力系统自动化, 2006, 30 (9): 44-49.
ZHANG Yi-ning, SUONAN Jia-le, JIAO Zai-bin. Data synchronization method for current differential protection using fiber optic self-cure ring network[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30 (9): 44-49.

[6] 许建德, 陆以群. 新型数字电流差动保护装置中的数据采样同步和通信方式[J]. 电力系统自动化, 1993, 17 (4): 23-26.
XU Jian-de, LU Yi-qun. A new scheme of sampling synchronization & communication for digital current differential relay[J]. Automation of Electric Power Systems, 1993, 17 (4): 23-26.

[7] 曹团结, 尹项根, 张哲, 等. 通过插值实现光纤差动保护数据同步的研究[J]. 继电器, 2006, 34(18): 4-8.
CAO Tuan-jie, YIN Xiang-gen, ZHANG Zhe, et al. A method of data synchronization in optical fiber differential protection based on inserting data[J]. Relay, 2006, 34(18): 4-8.

[8] 曹团结, 徐建松, 尹项根, 等. 光纤差动保护插值法数据同步的实现[J]. 继电器, 2007, 35(S): 134-137.
CAO Tuan-jie, XU Jian-song, YIN Xiang-gen, et al. The realization of data synchronization in optical fiber differential protection based on interpolation data[J]. Relay, 2007, 35 (S): 134-137.

[9] 王尔寒, 王强, 等. 光纤纵差保护中数据同步的误差分析及补偿办法[J]. 继电器, 2003, 31 (8) : 43-45.
WANG Er-han, WANG Qiang, et al. Analysis on errors of data synchronization and compensation methods for

differential current protection based channel of optical fiber[J]. Relay, 2003, 31 (8) : 43-45.

[10] 李瑞生. 光纤电流差动保护与通道试验技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.
LI Rui-sheng. Fiber differential protection and channel test technology[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2006.

[11] 郑玉平, 金华锋. 线路纵联保护采用光纤通信一些问题的探讨[C]. //第十届全国保护和控制学术研讨会论文集. 珠海: 2005.
ZHENG Yu-ping, JIN Hua-feng. Some issues of line pilot relays using fiber communication network[C]. //Proceedings of the 10th Chinese Confereneeon Power System Protectionand Control. Zhuhai: 2005.

[12] 刘峰, 裘峰源, 刘健. 光纤通道对光纤差动保护影响的试验研究[J]. 电力系统自动化, 2005, 29 (13): 97-99.
LIU Feng, QIU Feng-yuan, LIU Jian. Study on the influenees of fiber channel on the pilor differential current relay[J]. Automation of Eleetrie Power Systems, 2005, 29 (13): 97-99.

收稿日期: 2010-01-13; 修回日期: 2010-02-09

作者简介:

李铁仲 (1960-), 男, 工程师, 本科, 主要从事继电保护管理工作;

胡叶宾 (1976-), 男, 工程师, 本科, 从事继电保护的设计工作; E-mail: huyebin@xjgc.com

邓茂军 (1975-), 男, 工程师, 本科, 从事继电保护的设计工作。

(上接第 127 页 continued from page 127)

[15] 殷桂梁, 孙美玲, 肖丽萍. 分布式发电系统孤岛检测方法研究[J]. 电子测量技术, 2007, 30 (1) : 1-6.
YIN Gui-liang, SUN Mei-ling, XIAO Li-ping. Study of the islanding detection method of distributed generation[J]. Electronic Measurement Technology, 2007, 30 (1) : 1-6.

收稿日期: 2010-01-12

作者简介:

甘忠 (1975-), 男, 硕士研究生, 工程师, 主要从事电力系统继电保护研究与技术管理工作; E-mail: ganz@sh.sgcc.com.cn

李正天 (1979-), 男, 博士研究生, 主要从事电力系统继电保护与控制的研究。

(上接第 134 页 continued from page 134)

[6] 常凤然. 高压电网失灵保护的若干问题分析[J]. 继电器, 2000, 28(3): 51-52, 56.
CHANG Feng-ran. Analysis on the CB failure protection of HV power network[J]. Relay, 2000, 28(3): 51-52, 56.

作者简介:

张永伍 (1980-), 男, 工程师, 主要从事电力系统继电保护运行维护和调试工作; E-mail: zyw_tju@126.com

谢颂果 (1974-), 男, 高级工程师, 主要从事电力系统继电保护运行管理工作;

任毅 (1974-), 男, 高级工程师, 主要从事电力系统继电保护运行管理工作。

收稿日期: 2010-01-16; 修回日期: 2010-07-28